

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

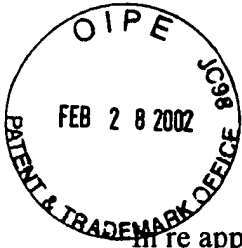
---

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



#2  
cm  
03.12.02

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Re application of : **Confirmati n No. 7118**  
Mitsuo TADA et al. : **Docket No. 2001-1568A**  
Serial No. 09/982,025 : **Group Art Unit 2862**  
Filed October 19, 2001 :

FREQUENCY MEASURING DEVICE,  
POLISHING DEVICE USING THE SAME  
AND EDDY CURRENT SENSOR

RECEIVED  
MAR - 1 2002  
TECHNOLOGY CENTER 2800

**CLAIM OF PRIORITY UNDER 35 USC 119**

Assistant Commissioner for Patents,  
Washington, DC 20231

Sir:

Applicants in the above-entitled application hereby claim the date of priority under the International Convention of Japanese Patent Application No. 321555/2000, filed October 20, 2000, Japanese Patent Application No. 358032/2000, filed November 24, 2000, and Japanese Patent Application No. 222127/2001, filed July 23, 2001, as acknowledged in the Declaration of this application.

Certified copies of said Japanese Patent Applications are submitted herewith.

Respectfully submitted,

Mitsuo TADA et al.

By

Nils E. Pedersen  
Registration No. 33,145  
Attorney for Applicants

NEP/krl  
Washington, D.C. 20006-1021  
Telephone (202) 721-8200  
Facsimile (202) 721-8250  
February 28, 2002

THE COMMISSIONER IS AUTHORIZED  
TO CHARGE ANY DEFICIENCY IN THE  
FEES FOR THIS PAPER TO DEPOSIT  
ACCOUNT NO. 23-0975



日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年10月20日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-321555

出 願 人

Applicant(s):

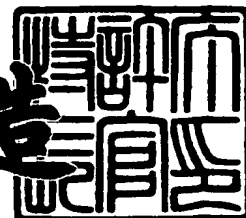
株式会社荏原製作所

RECEIVED  
MAR-1 2002  
TECHNOLOGY CENTER 2800

2001年11月 9日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3098111

【書類名】 特許願  
 【整理番号】 001280  
 【提出日】 平成12年10月20日  
 【あて先】 特許庁長官 殿  
 【国際特許分類】 G01R 23/10  
 H01L 21/302

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所  
 内

【氏名】 多田 光男

【特許出願人】

【識別番号】 000000239

【氏名又は名称】 株式会社荏原製作所

【代理人】

【識別番号】 100089705

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 2 番 1 号 新大手町ビル 2  
 0 6 区 ユアサハラ法律特許事務所

【弁理士】

【氏名又は名称】 社本 一夫

【電話番号】 03-3270-6641

【選任した代理人】

【識別番号】 100091063

【弁理士】

【氏名又は名称】 田中 英夫

【選任した代理人】

【識別番号】 100096068

【弁理士】

【氏名又は名称】 大塚 住江

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 051806

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0010958

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 周波数計測装置及びそれを使用した研磨装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被測定信号の周波数を計測するための装置であって、  
 複数個の  $n$  進カウンタを含む計数手段と、  
 それぞれの前記  $n$  進カウンタの入力に前記被測定信号を順に所定の時間間隔だけずらして供給するゲート手段と、  
 を具備し、前記計数手段から、前記被測定信号の周波数計測結果を前記所定の時間間隔毎に提供することを特徴とする周波数計測装置。

【請求項 2】 被測定信号の周波数を計測するための方法であって、  
 複数個の  $n$  進カウンタを含む計数手段を設ける段階と、  
 それぞれの前記  $n$  進カウンタの入力に前記被測定信号を順に所定の時間間隔だけずらして供給する段階と、  
 を具備し、前記被測定信号の周波数計測結果を前記所定の時間間隔毎に提供することを特徴とする周波数計測方法。

【請求項 3】 被測定信号の周波数を計測するための装置であって、  
 $i$  個 ( $i \geq 2$ ) の  $n$  進カウンタを含む計数部と、  
 継続時間が  $t$  である時間基準信号を時間間隔  $p$  毎に出力する時間基準回路と、  
 前記  $i$  個の  $n$  進カウンタの入力にそれぞれの出力が接続された  $i$  個のゲート回路であって、第 1 の入力に前記被測定信号を受け取り、第 2 の入力に前記時間基準信号を前記時間間隔  $p$  だけずらして順に受け取るゲート回路と、  
 を具備し、前記計数部から、前記被測定信号の周波数計測結果を前記時間間隔  $p$  毎に提供することを特徴とする周波数計測装置。

【請求項 4】  $t = i \cdot p$  であることを特徴とする、請求項 3 記載の周波数計測装置。

【請求項 5】 研磨面を有するターンテーブルと、研磨対象物を保持するトップリングと、研磨の終点を知らせる終点検知機構とを具備する研磨装置において、  
 前記終点検知機構が、

複数個の n 進カウンタを含む計数手段と、

それぞれの前記 n 進カウンタの入力に被測定信号を順に所定の時間間隔だけずらして供給するゲート手段と、  
を具備し、前記計数手段から、前記被測定信号の周波数計測結果を前記所定の時間間隔毎に提供する周波数計測装置、  
を備えることを特徴とする研磨装置。

【請求項 6】 研磨面を有するターンテーブルによる研磨対象物の研磨の終点を知らせる研磨方法において、

複数個の n 進カウンタを含む計数手段を設ける段階と、

それぞれの前記 n 進カウンタの入力に前記被測定信号を順に所定の時間間隔だけずらして供給する段階と、  
を具備し、前記被測定信号の周波数計測結果を前記所定の時間間隔毎に提供することを特徴とする研磨方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、高精度且つ短い間隔で連続的に周波数計測を行なうことができる周波数計測装置及び方法並びにそれを使用した研磨装置及び方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

化学機械研磨（CMP）プロセスは、半導体基板をメッキ液に浸漬して例えば電解メッキ又は無電解メッキを行なって導電性膜を形成した後、表面の不要な導電性膜を除去する方法として広く使用されている。以下、図 3～図 5 を用いて、本願の出願人が既に出願した、CMP プロセス用の研磨装置の構成と動作を説明する。図 3 は、この研磨装置の全体構成を示す縦断面図で、研磨装置はターンテーブル 31 と、半導体ウェハ 32 を保持しつつターンテーブル 31 に押圧するトップリング 33 とを具備する。ターンテーブル 31 はモータ 34 に連結されており、矢印で示すように、その軸心の回りに回転可能である。ターンテーブル 31 の上面には研磨布 35 が貼り付けられている。

## 【0003】

トップリング33は、トップリングシャフト36を介して、図示しないモータ及び昇降シリンダに連結されている。これによって、トップリング33は矢印で示す方向にトップリングシャフト36に沿って昇降可能であり且つトップリングシャフト36の回りに回転可能とされ、半導体ウェハ32を研磨布35に対して任意の圧力で押圧することができる。トップリング33の下面にはポリウレタン等の弾性マット37が設けられている。トップリング33の下部外周部には半導体ウェハ32の外れ止めを行なうガイドリング38が設けられている。

## 【0004】

ターンテーブル31の上方には研磨砥液ノズル39が設置され、研磨砥液ノズル39によって、ターンテーブル31に貼り付けられた研磨布35上に研磨砥液Qが供給される。

## 【0005】

図3に示すように、ターンテーブル31内には、半導体ウェハ32の研磨の終点を検出するための終点検出機構を構成する渦電流センサ40が埋め込まれている。渦電流センサ40の配線41は、ターンテーブル31及びターンテーブル支持軸42内を通り、ターンテーブル支持軸42の軸端に設けられたロータリコネクタ（又はスリップリング）43を経由して、コントローラ44に接続される。コントローラ44は表示装置（ディスプレイ）45に接続される。なお、渦電流センサ40を、ターンテーブル31内に埋め込む代わりに、トップリング33内に埋め込むようにしてもよい。渦電流センサ40をトップリング33内に埋め込んだ場合には、渦電流センサ40とコントローラ44との間の接続は、トップリングシャフト36の適所に設けられたスリップリング（図示せず）を介して行われる。

## 【0006】

図4は、図3に示す研磨装置におけるターンテーブル31、半導体ウェハ32及び渦電流センサ40の位置関係を示す平面図である。図示するように、渦電流センサ40は、トップリング33に保持された研磨中の半導体ウェハ32の中心Cwを通過する位置に設置される。なお、符号Ctはターンテーブル31の回転



中心である。渦電流センサ40は、半導体ウェハ32の下方を通過している期間、通過軌跡上で連続的に半導体ウェハ32のCu層等の導電性膜の膜厚を検出する。

## 【0007】

図5は、渦電流センサ40の埋め込み状態を示す要部拡大断面図であり、(a)はターンテーブル31上に研磨布35を貼り付けた場合を、(b)はターンテーブル1上に固定砥粒プレート35'を設置した場合をそれぞれ示している。図3の(a)に示すように、ターンテーブル31上に研磨布35を張り付けた場合には、渦電流センサ40はターンテーブル31内に埋め込まれる。一方、図3の(b)に示すように、ターンテーブル31上に固定砥粒プレート35'を設置する場合には、渦電流センサ40は固定砥粒プレート35'内に埋め込まれる。

## 【0008】

図5の(a)及び(b)のいずれの場合も、研磨布35の上面の研磨面又は固定砥粒プレート35'の上面の研磨面、即ち、半導体ウェハ32の被研磨面から渦電流センサ40の上面までの距離Lは1.3mm以上あってよい。図5の(a)及び(b)においては、酸化膜(SiO<sub>2</sub>)32a上にCu層やAl層からなる導電性膜32bが形成された半導体ウェハ32が示されている。

## 【0009】

研磨布35には、例えば、ロデール社製のポリテックス(Politex)等の不織布やIC1000のような発泡ポリウレタンが用いられる。また、固定砥粒プレート35'は粒度が数μm以下であるような微細な砥粒(例えばCeO<sub>2</sub>)を樹脂を結合剤として固め、円板状に成形したものが用いられる。

## 【0010】

図3～図5に示す研磨装置において、トップリング33の下面に半導体ウェハ32を保持させ、半導体ウェハ32を回転しているターンテーブル31の上面の研磨布35に昇降シリンダにより押圧する。一方、研磨砥液ノズル39から研磨砥液Qを流すことにより、研磨布35に研磨砥液Qが保持され、半導体ウェハ32の被研磨面(下面)と研磨布35との間に研磨砥液Qが存在した状態で、ポリッシングが行われる。渦電流センサ40はターンテーブル31が一回転する毎に

半導体ウェハ32の被研磨面の直下を通過する。この場合、渦電流センサ40は半導体ウェハ32の中心Cwを通る軌道上に設置されているため、渦電流センサ40の移動に伴って、半導体ウェハ32の被研磨面の円弧状の軌道上で連続的に膜厚検出を行なうことができる。なお、検出間隔を短縮するため、図4の仮想線で示すように、別の渦電流センサ40'を追加してターンテーブル31に2個又はそれ以上設けるようにしてもよい。

## 【0011】

ここで、渦電流センサ40を用いてCu層やAl層からなる半導体ウェハ32上の導電性膜の膜厚を検出してCMPプロセスの終点を判定する原理を簡単に説明すると、渦電流センサ40のセンサコイルに高周波電流を流して半導体ウェハ32の導電性膜（金属膜）中に渦電流を発生させたとき、渦電流センサ40と半導体ウェハ32とが相互インダクタンスにより磁氣的に結合される。このとき、渦電流センサ40のセンサ回路と半導体ウェハ32の導電性膜との合成インピーダンスは、渦電流センサ40内の発振回路の共振周波数の函数となるので、その共振周波数を監視することにより、研磨の終点を検出することができる。

## 【0012】

いま、渦電流センサ40と半導体ウェハ32との等価回路を想定し、渦電流センサ40のインダクタンスを $L_1$ 、抵抗を $R_1$ とし、半導体ウェハ32のインダクタンスを $L_2$ 、抵抗を $R_2$ とし、両者を磁氣的に結合する相互インダクタンスを $M$ とする。また、 $j$ を $-1$ の平方根（虚数）とし、 $f$ を渦電流センサ40の共振周波数、 $\omega = 2\pi f$ とすると、上記合成インピーダンス $Z$ は、

## 【0013】

## 【数1】

$$Z = (R_1 + R_x \cdot R_2) + j\omega (L_1 - R_x \cdot L_2)$$

$$R_x = \omega^2 M^2 / (R_2^2 + \omega^2 L_2^2)$$

で表される。したがって、合成インピーダンス $Z$ は $R_x$ が変化することによって変化し、このときの渦電流センサ40の共振周波数 $f$ も同時に変化する。この共振周波数 $f$ の変化の度合いを監視することにより、CMPプロセスの終点の判定を行なうことができる。

## 【0014】

上述の原理に基づき、図3に示す研磨装置によって半導体ウェハ32を研磨している間に渦電流センサ40から出力された検出信号をコントローラ44で処理し、その結果得られた共振周波数 $f$ の変化を観察する。図6は、こうしたグラフの一例を示しており、横軸は研磨時間（秒）を、縦軸は渦電流センサ10の共振周波数 $f$ （Hz）をそれぞれ表している。したがって、図6のグラフは、渦電流センサ40が半導体ウェハ32の直下を複数回通過したときの共振周波数 $f$ の変化を示している。なお、このグラフを得たときの半導体ウェハ32上の導電性膜はCu層である。

## 【0015】

図6に示すように、研磨が進行するにつれ、即ち、導電性膜の膜厚が減少するにつれ、渦電流センサ40の検出信号をコントローラ44で処理した結果得られた共振周波数 $f$ は減少していく（図6は、共振周波数 $f$ が6800Hzから漸次減少していくことを示している）。したがって、半導体ウェハ32から配線用の導線以外の導電性膜が除去されたときの共振周波数を予め求めておくことにより、渦電流センサ40の共振周波数 $f$ を図6のようにグラフ化していき、各研磨時間における共振周波数の傾きの変化から、CMPプロセスの終点を検出することができる。図6に示すグラフにおいては、半導体ウェハ32上から不要な導電性膜が除去されたときの共振周波数は6620Hzである。

## 【0016】

なお、研磨の終点到る前の或る周波数を閾値として設定しておき、この閾値に到達するまで、研磨速度（ポリッシングレート）が高い固定砥粒プレート35'（図5の（b）参照）を用いて研磨し、閾値に到達した後は、固定砥粒プレート35'よりも研磨速度の遅い研磨布35（図5の（a）参照）を用いて研磨し、半導体ウェハ32上から不要な導電性膜が除去されたときの周波数に達したときCMPプロセスを終了することもある。

## 【0017】

こうして、CMPプロセスにおいて、半導体ウェハ上の不要な導電性膜を除去するとき、導電性膜を研磨し過ぎると、配線回路を形成する導線まで除去されて

しまい、使用に供し得ない半導体ウェハを作ってしまうことになる。また、導電性膜の研磨不足は配線回路間を短絡する導電性膜を除去しきれないので、更に研磨を継続する必要がある、製造コストを増大しかねない。こうした事情から、半導体ウェハ上の被研磨面に形成された導電性膜の膜厚を実時間で連続的に且つ精度良く検出し、研磨の終了点を正確に決定するための手段が必要である。

## 【0018】

こうした共振周波数の変化を検出するため、通常、渦電流センサの出力は周波数計測装置に加えられる。図7の(a)は、こうした周波数計測装置の一例として、従来から使用されている直接計数方式の周波数計測装置FCの構成を概略的に示しており、図7の(b)は、(a)における信号波形を示している。

## 【0019】

図7の(a)において、或る周波数を有する被測定信号 $V_{in}$ が信号入力端子INに印加される。被測定信号 $V_{in}$ は正弦波状の信号をTTLレベル変換して得たパルス波であり、例えば図7の(b)の $V_{in}$ に示す形状をしている。被測定信号 $V_{in}$ は増幅器Aによって増幅された後、ゲート回路Gの一方の入力端子に印加される。ゲート回路Gの他方の入力端子には、時間基準回路TRから出力される時間基準信号Tが印加される。図7の(b)に示すように、時間基準信号Tの継続時間は $t$ であり、時間基準回路TRは時間基準信号Tを所定の間隔でゲート回路Gに供給する。これにより、時間基準信号Tが印加されている継続時間 $t$ の期間にのみ、ゲート回路Gが開き、ゲート回路Gが開いている期間にゲート回路Gを通過した被測定信号 $V_{in}$ が10進カウンタDCに加えられ、被測定信号 $V_{in}$ の周波数が計測される。その計測結果はラッチ回路LCにラッチされてから、CPU等の所定の処理回路へ提供される。

## 【0020】

いま、ゲート回路Gが開いている継続時間 $t$ の期間にゲート回路Gを通過した被測定信号 $V_{in}$ のパルス数が $c$ であったとすると、このときの被測定信号 $V_{in}$ の周波数 $f$  (Hz)は

## 【0021】

【数2】

$$f = c / t$$

によって表される。

#### 【0022】

図7の(a)に示す従来の周波数計測装置で有効数字が5桁の周波数計測を行なおうとする場合には、時間基準回路TRの継続時間tは100ミリ秒のオーダーに設定され得、時間基準回路TRは継続時間tが例えば390ミリ秒である時間基準信号Tを390ミリ秒間隔で出力する。これは、周波数の計測結果を390ミリ秒毎に得ることができ、したがって、従来の渦電流センサは、半導体ウェハ上の導電性膜の膜厚の変化を390ミリ秒間隔で検出することを可能にすることを意味する。

#### 【0023】

しかしながら、現実のCMPプロセスは一層高速化されつつあり、研磨の終了点を正確に検出して歩留まりを良くするために、周波数計測の結果を390ミリ秒よりも更に短い間隔で提供して研磨の終点を一層正確に検出することを可能にする装置及び方法が求められているのが実状である。

#### 【0024】

##### 【発明が解決しようとする課題】

この発明は、上記したような従来の渦電流センサの周波数計測に伴う課題を計決するために提案されたものであり、高精度且つ短い時間間隔で周波数計測結果を得ることを可能にする周波数計測装置及び方法並びにそれを使用した研磨装置及び方法を提供することを目的とする。

#### 【0025】

##### 【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、

請求項1の発明は、

被測定信号の周波数を計測するための装置であって、

複数個のn進カウンタを含む計数手段と、

それぞれの前記n進カウンタの入力に前記被測定信号を順に所定の時間間隔だけずらして供給するゲート手段と、

を具備し、前記計数手段から、前記被測定信号の周波数計測結果を前記所定の時間間隔毎に提供することを特徴とする周波数計測装置、  
を提供する。

【 0 0 2 6 】

また、請求項 2 の発明は、  
被測定信号の周波数を計測するための方法であって、  
複数個の  $n$  進カウンタを含む計数手段を設ける段階と、  
それぞれの前記  $n$  進カウンタの入力に前記被測定信号を順に所定の時間間隔だけずらして供給する段階と、  
を具備し、前記被測定信号の周波数計測結果を前記所定の時間間隔毎に提供することを特徴とする周波数計測方法、  
を提供する。

【 0 0 2 7 】

更に、請求項 3 の発明は、  
被測定信号の周波数を計測するための装置であって、  
 $i$  個 ( $i \geq 2$ ) の  $n$  進カウンタを含む計数部と、  
継続時間が  $t$  である時間基準信号を時間間隔  $p$  毎に出力する時間基準回路と、  
前記  $i$  個の  $n$  進カウンタの入力にそれぞれの出力が接続された  $i$  個のゲート回路であって、第 1 の入力に前記被測定信号を受け取り、第 2 の入力に前記時間基準信号を前記時間間隔  $p$  だけずらして順に受け取るゲート回路と、  
を具備し、前記計数部から、前記被測定信号の周波数計測結果を前記時間間隔  $p$  毎に提供することを特徴とする周波数計測装置、  
を提供する。

【 0 0 2 8 】

請求項 4 の発明は、請求項 3 の発明において  $t = i \cdot p$  としたものである。  
請求項 5 の発明は、  
研磨面を有するターンテーブルと、研磨対象物を保持するトップリングと、研磨の終点を知らせる終点検知機構とを具備する研磨装置において、  
前記終点検知機構が、

複数個の  $n$  進カウンタを含む計数手段と、

それぞれの前記  $n$  進カウンタの入力に被測定信号を順に所定の時間間隔だけずらして供給するゲート手段と、

を具備し、前記計数手段から、前記被測定信号の周波数計測結果を前記所定の時間間隔毎に提供する周波数計測装置、

を有することを特徴とする研磨装置、

を提供する。

#### 【 0 0 2 9 】

請求項 6 の発明は、

研磨面を有するターンテーブルによる研磨対象物の研磨の終点を知らせる研磨方法において、

複数個の  $n$  進カウンタを含む計数手段を設ける段階と、

それぞれの前記  $n$  進カウンタの入力に前記被測定信号を順に所定の時間間隔だけずらして供給する段階と、

を具備し、前記被測定信号の周波数計測結果を前記所定の時間間隔毎に提供することを特徴とする研磨方法、

を提供する。

#### 【 0 0 3 0 】

##### 【発明の実施の形態】

以下、この発明に係る、逐次計数方式を用いた周波数計測装置の若干の実施の形態を説明する。まず、図 1 において、周波数計測装置 FC は  $i$  個の 10 進カウンタ 1、2、3、4、 $\dots$ 、 $i$  を有する。但し、 $i$  は 2 又はそれ以上の整数である。これらの 10 進カウンタ 1 $\sim$  $i$  の入力端子は、それぞれ対応するゲート回路 G 1 $\sim$ G  $i$  の出力端子と接続され、また、これら 10 進カウンタ 1 $\sim$  $i$  の出力端子は並列にラッチ回路 11 の入力端子に接続される。ラッチ回路 11 はそこにラッチされた値を所定の間隔で I/O ポート 12 を介して所望の処理回路に提供する。

#### 【 0 0 3 1 】

パルス波形を有する被測定信号  $V_{in}$  は増幅器 A の入力端子 IN に印加され、

増幅器Aによって増幅された被測定信号 $V_{in}$ がゲート回路 $G_1 \sim G_i$ の一方の入力端子に並列に供給される。これらゲート回路 $G_1 \sim G_i$ の他方の入力端子には、時間基準回路13から逐次出力される時間基準信号 $T$ が印加される。時間基準回路13の動作タイミングを決めるため、時間基準回路13にはクロック発振回路14から出力されるクロック信号が供給される。

## 【0032】

以下、図1の周波数計測装置による被測定信号の周波数計測について説明する。時間基準回路13は、継続時間が $t$ である時間基準信号 $T$ を所定の時間間隔 $p$

( $t$ )で逐次出力してゲート回路 $G_1 \sim G_i$ の他方の入力端子に供給し、それぞれのゲート回路 $G_1 \sim G_i$ を順に時間間隔 $p$ だけ遅れて且つ継続時間 $t$ の期間だけ開くよう動作する。例えば、時間基準回路13は、或る時刻にゲート回路 $G_1$ の他方の入力端子に時間基準信号 $T$ を印加してゲート回路 $G_1$ を開いたとすると、ゲート回路 $G_1$ が開いてから時間間隔 $p$ だけ後に、ゲート回路 $G_2$ の他方の入力端子に時間基準信号 $T$ を印加してゲート回路 $G_2$ を開にし、ゲート回路 $G_2$ が開いてから時間間隔 $p$ だけ後に、ゲート回路 $G_3$ の他方の入力端子に時間基準信号 $T$ を印加してゲート回路 $G_3$ を開にする。以下、同様にして、時間基準回路13はゲート回路 $G_4 \sim G_i$ を時間間隔 $p$ ずつ遅らせて順に開いていき、ゲート回路 $G_i$ を開いてから時間間隔 $p$ だけ遅れてゲート回路 $G_1$ を開く。

## 【0033】

このようにして、時間基準回路13から供給される時間基準信号により、ゲート回路 $G_1 \sim G_i$ は、時間間隔 $p$ ずつ遅れて順に開になり且つ継続時間 $t$ の期間だけ開く動作を反復する。これにより、それぞれの10進カウンタ $1 \sim i$ は、時間基準信号 $T$ によって各対応のゲート回路 $G_1 \sim G_i$ が開いている継続時間 $t$ の期間に、対応するゲート回路 $G_1 \sim G_i$ を通過した被測定信号 $V_{in}$ のパルス数をカウントして、そのカウント値をラッチ回路11に順に出力する。これに応じ、ラッチ回路11は、10進カウンタ $1 \sim i$ のいずれかからカウント値を受け取る度に、それまでラッチしていた値をI/Oポート12へ出力する。この結果、周波数計測装置FCは、動作開始時点から継続時間 $t$ が経過した後は、時間間隔 $p$ 毎に被測定信号 $V_{in}$ の周波数計測結果を提供することができる。



【0034】

図1の周波数計測装置FCが上記の動作を行なうためには、 $t = i \cdot p$ であり、10進カウンタの数 $i$ は2以上の任意の整数であることが必要である。例えば、 $i = 10$ としたとき、 $t$ を100ミリ秒とすると、 $p$ は10ミリ秒になり、周波数計測装置FCは、動作開始時から100ミリ秒経過した後は、10MHzまでの周波数の計測結果を10ミリ秒毎に、有効桁数が6桁で提供することができる。また、 $i = 2$ とし、 $t$ を100ミリ秒、 $p$ を50ミリ秒とすると、周波数計測装置FCは、動作開始時から100ミリ秒経過した後は、10MHzまでの周波数の計測結果を50ミリ秒毎に、有効桁数が6桁で提供することができ、 $i = 5$ のとき、 $t$ を100ミリ秒、 $p$ を20ミリ秒とすると、周波数計測装置FCは、動作開始時から100ミリ秒経過した後は、10MHzまでの周波数の計測結果を20ミリ秒毎に、有効桁数が6桁で提供することができる。

【0035】

図1においては10進カウンタを使用したか、この発明はこれに限られる訳ではなく、任意の $n$ 進のデジタル・カウンタを使用できる。例えば、この発明に係る周波数計測装置の他の実施の形態を概略的に示している図2においては、 $i$ 個の2進カウンタを使用する。即ち、周波数計測装置FCは、20ビットの2進カウンタ21、22、23、24、 $\dots$ 、 $2i$ を有しており、これら2進カウンタ21～ $2i$ の入力に、それぞれ対応するゲート回路G1～Giの出力が供給される。この場合、ラッチ回路11からは2進数で被測定信号の周波数の計測結果が出力されるので、ラッチ回路11の出力側に2進/10進変換回路15を配置し、ここで2進数の計測結果を10進数の計測結果へ変換する。

【0036】

図2に示す周波数計測装置FCの動作は、2進カウンタ21～ $2i$ が2進数で周波数計測結果を出力すること、及び、ラッチ回路11が2進数をラッチすることを除いて、ゲート回路G1～Gi、時間基準回路13、I/Oポート12及びクロック発振回路14の動作は図1の第1の実施の形態におけると同じであり、ここでの重複する説明は省略する。

【0037】

このように、図 1 及び図 2 に示す周波数計測装置は従来よりも短い間隔で周波数計測結果を提供することができるので、こうした周波数計測装置を図 3 に示す研磨装置の終点検出機構に適用することにより、研磨の終点を一層高精度に検出することが可能になる。

【 0 0 3 8 】

【発明の効果】

この発明に係る周波数計測装置は以上説明したとおりの構成を有するものであるから、この発明は、任意に長さを設定することができる所定の時間間隔毎に被測定信号の周波数計測結果を提供するので、従来の周波数計測装置に比べて短い期間毎に計測結果を得ることができ、しかも、計測された周波数の有効桁数を上げることが可能になるという格別の効果を奏する。したがって、こうした周波数計測装置を研磨装置に適用することにより、半導体ウェハの研磨の終点を検出する精度を格段に向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

この発明に係る周波数計測装置の一つの実施の形態の構成を概略的に示すブロック図である。

【図 2】

この発明に係る周波数計測装置の他の実施の形態の構成を概略的に示すブロック図である。

【図 3】

本願の出願人の出願に係る研磨装置の構成を概略的に示す断面図である。

【図 4】

図 3 の研磨装置におけるターンテーブル、半導体ウェハ及び渦電流センサの位置関係を示す平面図である。

【図 5】

(a) 及び (b) は、図 3 の研磨装置における渦電流センサの埋め込み状態を概略的に示す要部拡大断面図である。

【図 6】

図3の研磨装置による半導体ウェハの研磨中に得られた渦電流センサの検出信号をコントローラにより処理した結果を示すグラフである。

【図7】

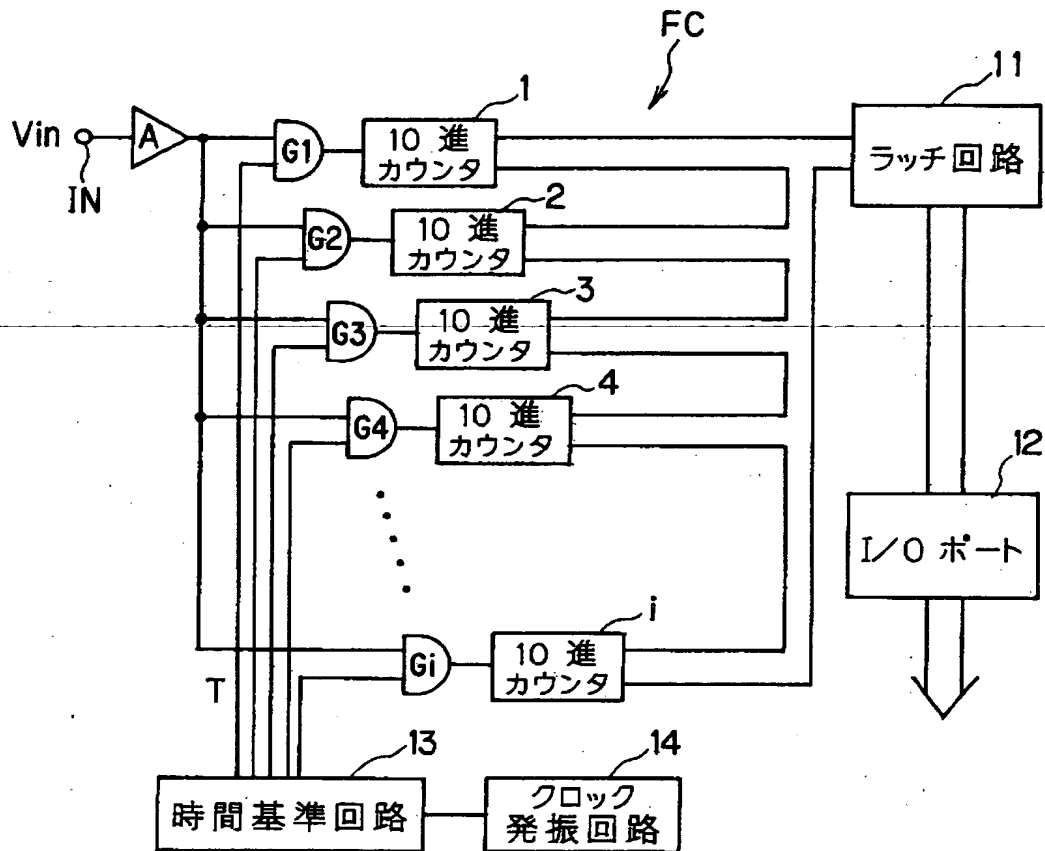
従来の周波数計測装置の構成の概要を示すブロック図である。

【符号の説明】

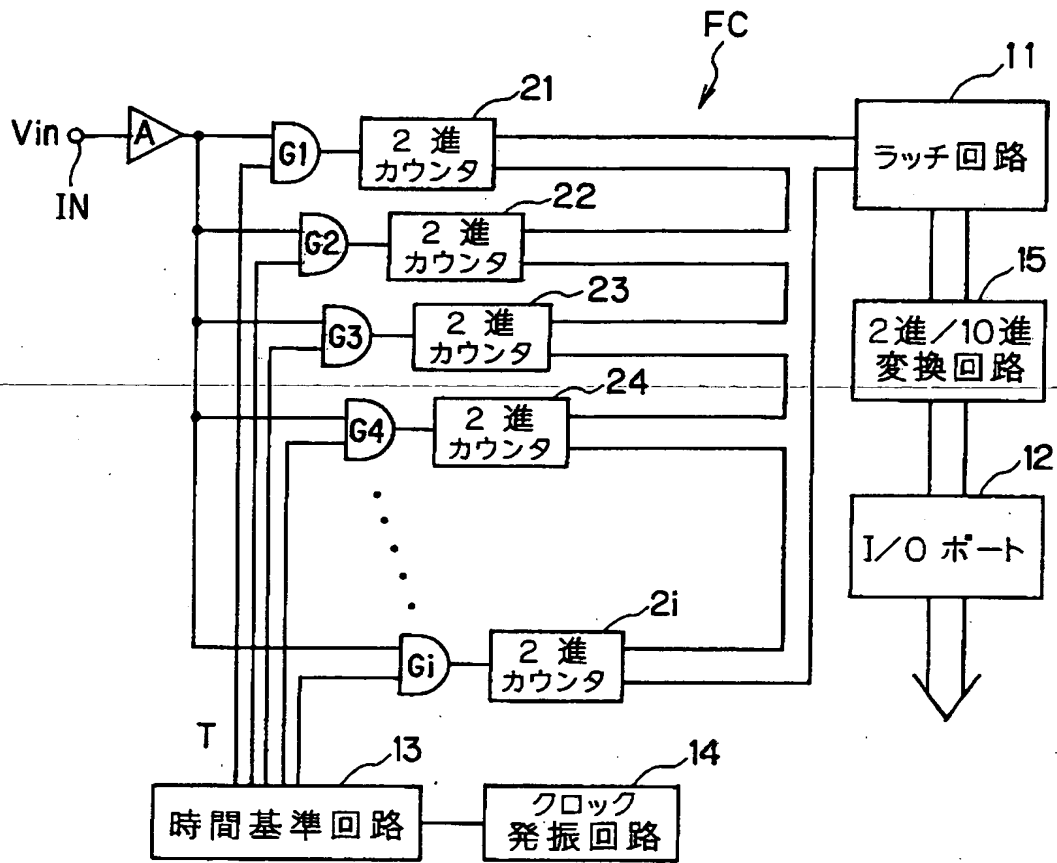
1～i：10進カウンタ、 11：ラッチ回路、 12：I/Oポート、 13：時間基準回路、 14：クロック発振回路、 15：2進／10進変換回路、  
21～2i：2進カウンタ、 31：ターンテーブル、 32：半導体ウェハ、 35：研磨布、 40：渦電流センサ

【書類名】 図面

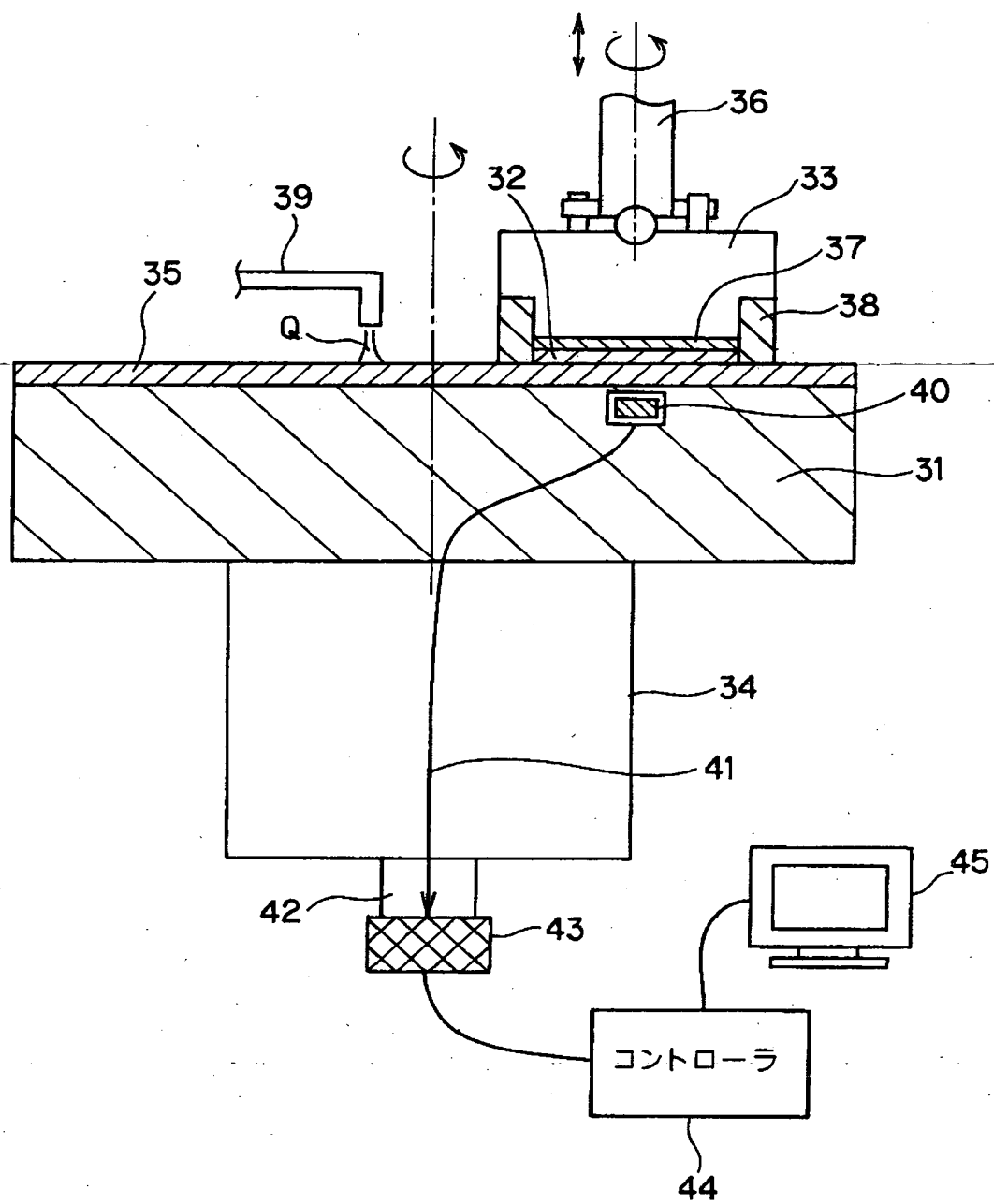
【図1】



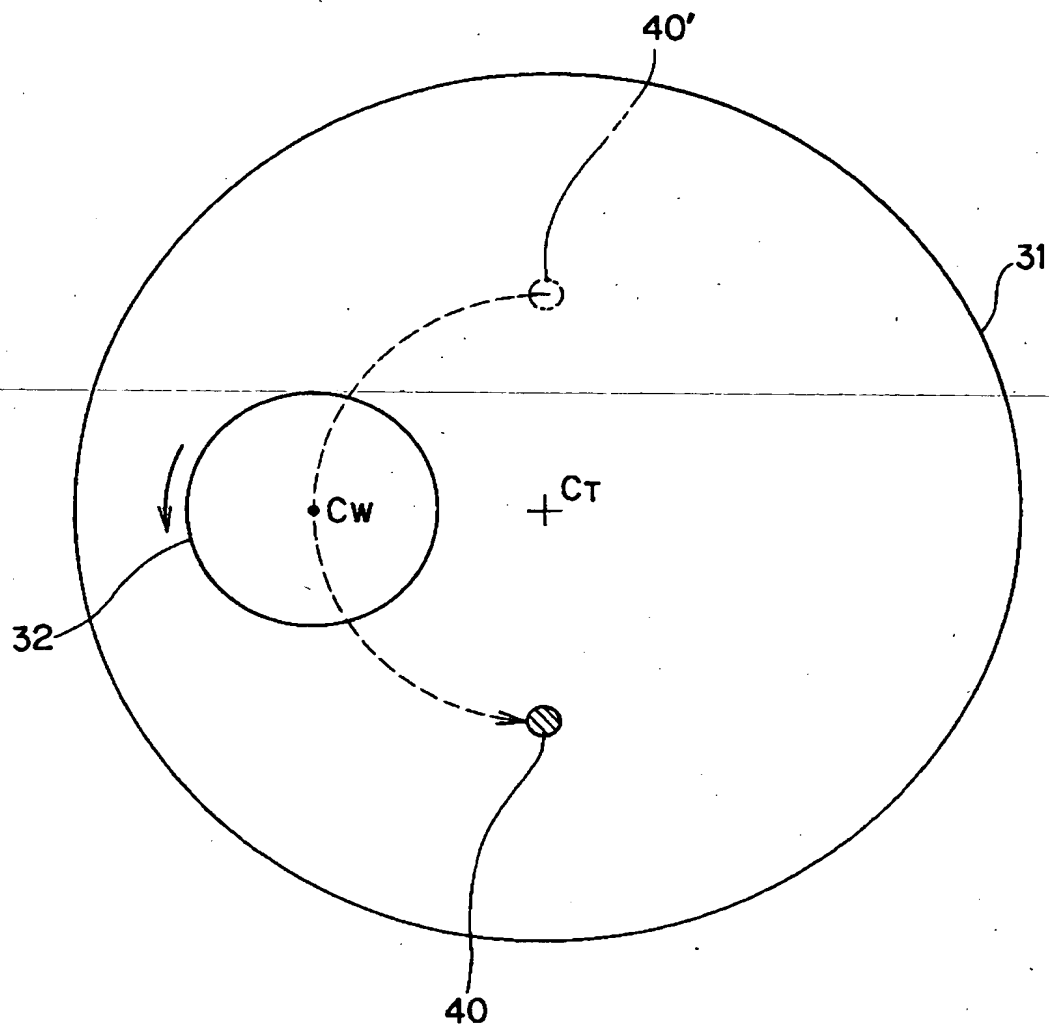
【図 2】



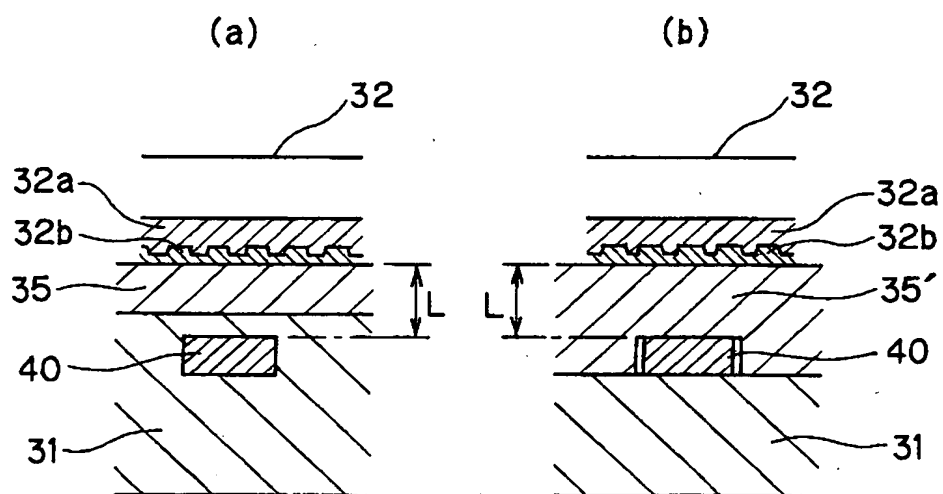
【図 3】



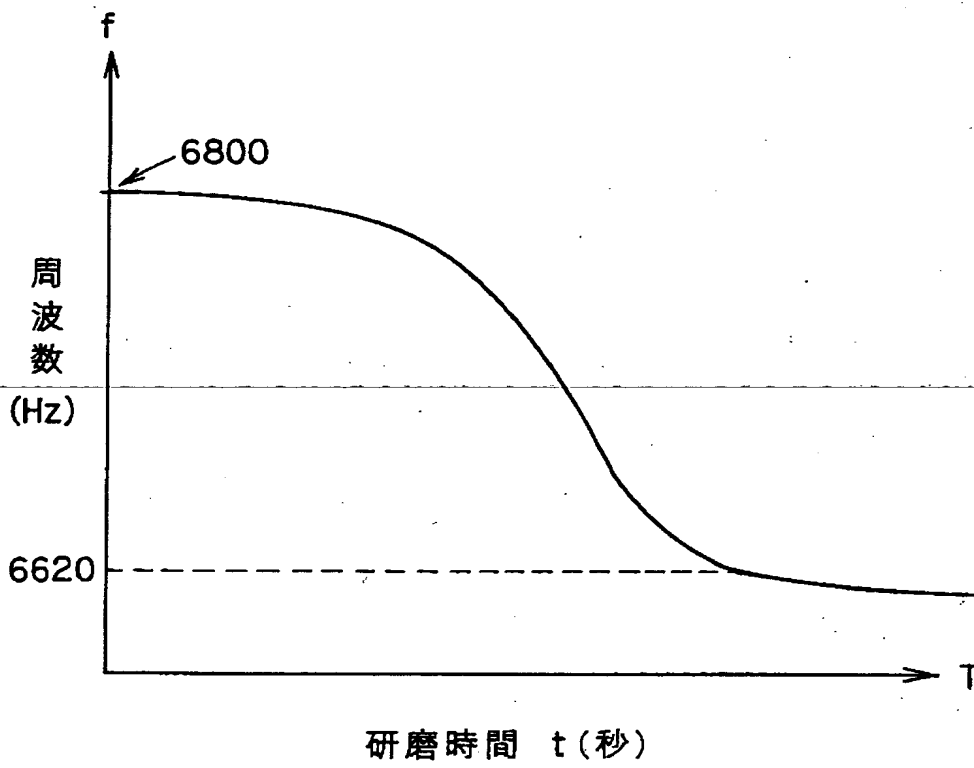
【図 4】



【図 5】

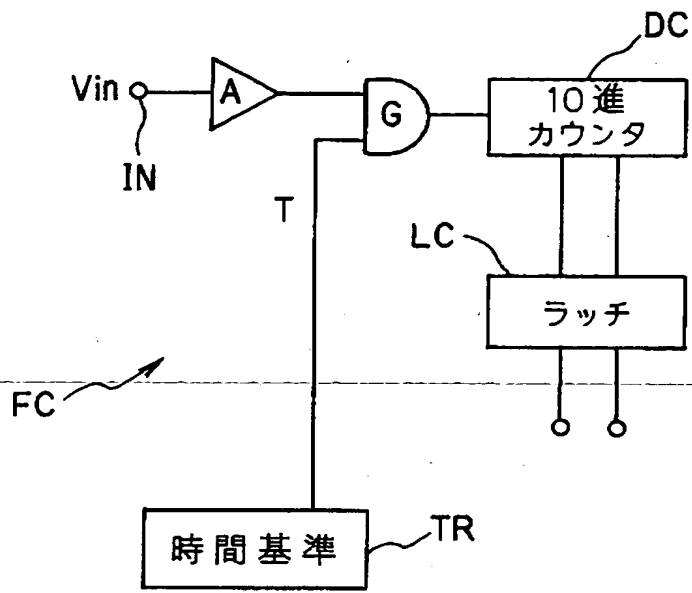


【図 6】

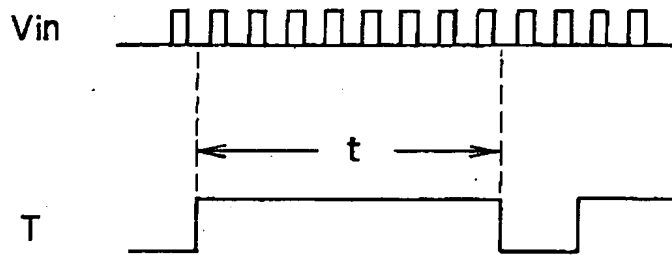




【図 7】



(a)



(b)

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高精度且つ短い時間間隔で周波数計測結果を得ることで、半導体ウェハの研磨の終点の正確な検出を可能にすること。

【解決手段】 被測定信号  $V_i n$  の周波数を計測するための装置  $FC$  は、 $i$  個 ( $i \geq 2$ ) の  $n$  進カウンタ  $1 \sim i$  を含む計数部と、継続時間が  $t$  である時間基準信号  $T$  を時間間隔  $p$  毎に出力する時間基準回路  $12$  と、 $n$  進カウンタ  $1 \sim i$  の入力にそれぞれの出力が接続された  $i$  個のゲート回路  $G_1 \sim G_i$  であって、第  $1$  の入力に被測定信号  $V_i n$  を受け取り、第  $2$  の入力に時間基準信号  $T$  を時間間隔  $p$  だけずらして順に受け取るゲート回路とを具備する。これにより、前記計数部は被測定信号  $V_i n$  の周波数計測結果を時間間隔  $p$  毎に提供する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号 [000000239]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区羽田旭町11番1号

氏 名 株式会社荏原製作所